

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000208161
PUBLICATION DATE : 28-07-00

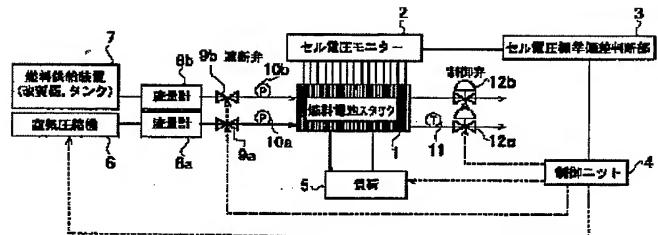
APPLICATION DATE : 14-01-99
APPLICATION NUMBER : 11008356

APPLICANT : NISSAN MOTOR CO LTD;

INVENTOR : AOKI KATSUNORI;

INT.CL. : H01M 8/04 H01M 8/10

TITLE : OPERATING METHOD OF AND
OPERATING DEVICE FOR FUEL CELL



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the efficiency of a fuel cell system and operate the cell continuously for a long time without being damaged by continuously calculating the standard deviation of the cell voltage of a cell to be monitored, controlling the load current so that the standard deviation of cell voltage never exceeds a prescribed value and follows the prescribed value.

SOLUTION: A cell voltage monitor 2 monitors the cell voltage of a fuel cell stack 1 and outputs a cell voltage signal. A cell voltage standard deviation judgment part 3 continuously calculates the standard deviation of cell voltage from this signal and compares it with a prescribed value. The standard deviation judgment part 3 controls a load 5, an air compressor 6, a fuel supplying device 7, shutoff valves 9a, 9b and control valves 12a, 12b through a control unit 4 according to this comparison result. Namely, in the fuel cell stack 1, according to that the standard deviation is close to or distant from the prescribed value, the current of the load 5 is reduced or increased to supply or interrupt air and fuel gas. Accordingly, the cell voltage follows the prescribed value, and the fuel cell can be efficiently operated without being damaged.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-208161

(P2000-208161A)

(43)公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51)Int.Cl.
H01M 8/04
8/10

識別記号

F I
H01M 8/04
8/10

テマコード* (参考)
P 5H026
5H027

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願平11-8356

(22)出願日 平成11年1月14日 (1999.1.14)

(71)出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 青木 克徳
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

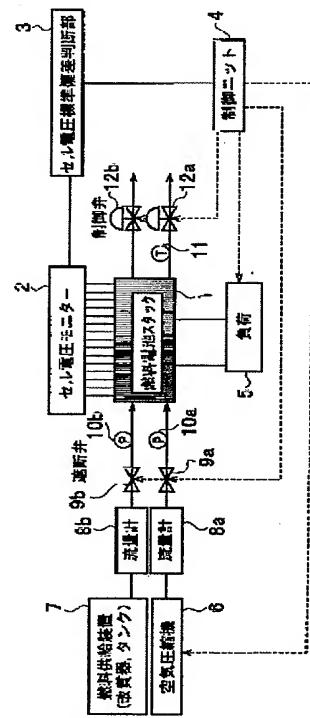
(74)代理人 100083806
弁理士 三好 秀和 (外3名)
Fターム(参考) 5H026 AA06
5H027 AA06 KK54 MM03 MM04 MM08
MM09 MM26

(54)【発明の名称】 燃料電池の運転方法及び運転装置

(57)【要約】

【課題】 固体高分子電解質型燃料電池システムを効率よく、かつ安全に運転することができる燃料電池の運転方法及び運転装置を提供する。

【解決手段】 燃料電池のセル電圧のばらつきの指標となる標準偏差を監視し、セル電圧のばらつきが一定の値以下になるように、負荷電流、空気流量又は空気圧力、あるいは燃料ガス流量又は燃料ガス圧力のような諸量を制御しながら燃料電池を運転する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視し、

前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算し、

前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、負荷の電流を制御することを特徴とする燃料電池の運転方法。

【請求項2】 固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視し、

前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算し、

前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、空気圧縮機からの空気流量又は空気圧力を制御することを特徴とする燃料電池の運転方法。

【請求項3】 固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視し、

前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算し、

前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、燃料ガス流量又は燃料ガス圧力を制御することを特徴とする燃料電池の運転方法。

【請求項4】 固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視する電圧モニターと、

前記電圧モニターの出力する前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算する演算手段と、

前記演算手段の演算する前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、負荷の電流を制御する制御手段とを備えて成る燃料電池の運転装置。

【請求項5】 固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視する電圧モニターと、

前記電圧モニターの出力する前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算する演算手段と、

前記演算手段の演算する前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、空気圧縮機からの空気流量又は空気圧力を制御する制御手段とを備えて成る燃料電池の運転装置。

【請求項6】 固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視する電圧モニターと、

前記電圧モニターの出力する前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算する演算手段と、

前記演算手段の演算する前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、燃料ガス流量又は燃料ガス圧力を制御する制御手段とを備えて成る燃料電池の運転装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体高分子電解質型燃料電池の運転方法及び運転装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の環境問題、特に自動車の排気ガスによる大気汚染や二酸化炭素による地球温暖化の問題に対して、クリーンな排気及び高効率のエネルギー効率を可能とする燃料電池技術が注目されている。

【0003】燃料電池はその燃料となる水素あるいは水素リッチな改質ガス、及び空気を供給して電気化学反応を起こし、化学エネルギーを電気にエネルギーに変換するエネルギー変換システムである。そしてその中でも、高い出力密度を有する固体高分子電解質型燃料電池が自動車などの移動体用電源として注目されている。

【0004】ところで、燃料電池システムの効率を最大とするためには、空気供給源の空気圧縮機の負荷を減したり、あるいは燃料ガス流量を必要最小限量の供給とすることが考えられ、その場合、燃料電池に供給される反応ガスは低圧、低流量となる。しかしながら、ある値以下の低圧、低流量での運転は、セル電圧の低下、反転を引き起こして燃料電池に損傷を与えることがあり、安全な運転には好ましくない。

【0005】したがって、燃料電池システムの効率を最適化し、かつ長期間にわたり燃料電池を損傷させずに運転するためには、低圧力、低流量条件での安全な電流電池の運転方法を見い出す必要がある。

【0006】このため、従来の燃料電池の運転方法のひとつとして、スタック電圧あるいはセル電圧をモニターし、これが一定値を下回る場合には燃料電池スタックの運転を中止したり、あるいはスタック電圧やセル電圧が回復するように負荷を低減したり、ガス流量、ガス圧力を増やしたりする制御方法が知られている（特開平7-272736号公報、特開平8-167421号公報）。なお、ここでスタック電圧とは、燃料ガスと空気を固体高分子電解質の高分子イオン交換膜を介して電気化学的に反応させることにより起電力を得る単電池（セル）を複数積層して構成される固体高分子膜型燃料電池の全体の電圧を意味し、セル電圧の総和である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、スタック電圧あるいはセル電圧が所定の下限値を下回らない場合においても、セル電圧のばらつきが大きくなれば、スタック電圧が急激に減少する確率が高く、その結果、スタックを安全に運転できない場合があるので、単にスタック電圧あるいはセル電圧をモニターするだけでは不十分な場合がある。

【0008】また、燃料電池システムを効率よく運転するためには空気圧縮機の負荷による電力低下分を考慮し、なるべく低空気流量と低圧力での燃料電池の運転を行う必要があるが、そのような要求に対して単にスタック電圧あるいはセル電圧をモニターするだけでは十分な指標とはなり得ない。

【0009】燃料電池においては、水素と酸素が結合して生ずる水が燃料電池セル内部でガス流路を詰ませ、

その結果、ガスの供給不足を招く場合、また、供給ガス量が負荷として取出す電流値から計算される理論ガス消費量より少ない場合、さらには、固体高分子膜型燃料電池に特有な高分子イオン交換膜への加湿が十分でなく、その結果、膜が乾燥して高抵抗となる場合、またさらには、高分子イオン交換膜と電極触媒の経時劣化による場合など、様々な原因でセル電圧が低下し、そのばらつきが大きくなる。

【0010】さらに、セル電圧の低下の態様においても、複数のセル電圧のうちの1つだけが極端に低下する場合、あるいは、多くのセル電圧が同時にばらつく場合など、様々なパターンがあり、それぞれに対して大まかなセル電圧のばらつきの原因が推定されることもあるが、必ずしも1対1に対応するわけではない。

【0011】一方、セル電圧のばらつきを解消させる方法として、負荷電流を低減させる方法、空気圧縮機からの空気流量を増加させるか、あるいは空気圧力を増加させる方法、さらには、燃料ガス流量を増加させるか、あるいは燃料ガス圧力を増加させる方法がある。

【0012】しかしながら、セル電圧のばらつきの原因は必ずしも1つではないことがあり、セル電圧のばらつきを抑える方法も上記の方法のいずれか1つだけでなく、2つあるいは3つ全部を組み合わせて用いる方が有効な場合もある。

【0013】他方、セル電圧のばらつきの測定では、スタックのすべてのセル電圧をモニターし、その標準偏差を求めることが可能であるが、燃料電池セルを2つ、3つと少數のグループに分け、その2セル電圧あるいは3セル電圧をモニターし、その標準偏差を求め、これを制御用の指標値とすることができる。またセル電圧信号をいくつ利用するかは、スタックセル数の数や信号処理回路の機能に合わせてシステムごとに決めることができる。

【0014】セル電圧のばらつきを抑制する制御を実現するためには、セル電圧信号を演算処理回路に入力してその標準偏差を求め、その値に対してあらかじめ定めたある所定値を上回らず、かつその所定値を追従するように電流、ガス流量あるいはガス圧力を制御する方式を採用することができる。その場合、所定値は、例えば図2及び図3に示すようなセル電圧標準偏差-空気ストイキ値の特性グラフから決めることができる。

【0015】図3から明らかなように、空気ストイキ値(=空気供給量/空気消費量)が2~4程度の範囲ではセル電圧はばらつかず、標準偏差も小さい値であるが、空気ストイキ値が1.5程度以下になると徐々にセル電圧はばらつき始め、セル電圧の標準偏差も増加していく。このとき、図2に示したように、標準偏差がある所定値Tctrよりも小さい範囲で燃料電池を運転することにより、燃料電池を損傷させることなく運転することができる。

【0016】ここで、空気ストイキ値に対するセル電圧

の標準偏差を選んだ理由は、次による。燃料電池システムの効率は空気圧縮機の負荷に大きく依存するが、空気流量が小さいほど空気圧縮機の負荷が減少し、その結果、燃料電池システム全体の効率を増加させることができるので、空気ストイキ値は燃料電池システム効率と相関付けることができるからである。

【0017】燃料電池システムは低空気量である程好ましいが、低流量である程セル電圧がばらつき、場合によってはセル電圧の反転を起こし、その結果、セル及びスタックに損傷を与えることになる。しかし、セル電圧の標準偏差が所定値を上回らないように制御すれば、燃料電池を損傷することなく安全に運転することができる、その上、その所定値に追従するように燃料電池を運転すれば、燃料電池システムの効率を上げることが可能である。

【0018】このような、固体高分子電解質型燃料電池をそのセル電圧の標準偏差が所定値を上回らず、かつ、その所定値に追従する運転は、燃料電池から取出す電流を電流制御手段によって調整し、空気圧縮機からの空気流量あるいは空気圧力を調整し、あるいは、燃料ガス流量あるいは燃料ガス圧力を調整することによって達成することができる。

【0019】本発明はこのような技術的課題に鑑みてなされたもので、燃料電池のセル電圧のばらつきの指標となる標準偏差を監視し、負荷電流、空気流量又は空気圧力、あるいは燃料ガス流量又は燃料ガス圧力のような諸指標を制御しながらセル電圧のばらつきが一定の値以下になるように燃料電池を運転することにより、燃料電池システムを効率よく、かつ安全に運転することができる燃料電池の運転方法及び運転装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の燃料電池の運転方法は、固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視し、前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算し、前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、負荷の電流を制御するものであり、これにより、固体高分子電解質型燃料電池システムの効率を高め、かつ燃料電池が損傷を受けないで長期間継続して運転できるようにする。

【0021】請求項2の発明の燃料電池の運転方法は、固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視し、前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算し、前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、空気圧縮機からの空気流量又は空気圧力を制御するものであり、これにより、固体高分子電解質型燃料電池システムの効率を高め、かつ燃料電池が損傷を受けないで長期間継続して運転できるようにする。

【0022】請求項3の発明の燃料電池の運転方法は、固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視し、前記

セル電圧の標準偏差を継続的に演算し、前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、燃料ガス流量又は燃料ガス圧力を制御するものであり、これにより、固体高分子電解質型燃料電池システムの効率を高め、かつ燃料電池が損傷を受けないで長期間継続して運転できるようにする。

【0023】請求項4の発明の燃料電池の運転装置は、固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視する電圧モニターと、前記電圧モニターの出力する前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算する演算手段と、前記演算手段の演算する前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、負荷の電流を制御する制御手段とを備えたものである。

【0024】請求項4の発明の燃料電池の運転装置では、電圧モニターで燃料電池のセル電圧を監視し、演算手段によってセル電圧の標準偏差を継続的に演算し、制御手段により、燃料電池のセル電圧のばらつきの指標となるセル電圧の標準偏差が一定の値以下になるように、負荷から取出す電流を制御しながら運転することにより、固体高分子電解質型燃料電池システムの効率を高め、かつ燃料電池が損傷を受けないで長期間継続して運転できるようにする。

【0025】請求項5の発明の燃料電池の運転装置は、固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視する電圧モニターと、前記電圧モニターの出力する前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算する演算手段と、前記演算手段の演算する前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、空気圧縮機からの空気流量又は空気圧力を制御する制御手段とを備えたものである。

【0026】請求項1の発明の燃料電池の運転装置では、電圧モニターで燃料電池のセル電圧を監視し、演算手段によってセル電圧の標準偏差を継続的に演算し、制御手段により、燃料電池のセル電圧のばらつきの指標となるセル電圧の標準偏差が一定の値以下になるように、空気圧縮機からの空気流量又は空気圧力を制御しながら運転することにより、固体高分子電解質型燃料電池システムの効率を高め、かつ燃料電池が損傷を受けないで長期間継続して運転できるようとする。

【0027】請求項6の発明の燃料電池の運転装置は、固体高分子電解質型燃料電池のセル電圧を監視する電圧モニターと、前記電圧モニターの出力する前記セル電圧の標準偏差を継続的に演算する演算手段と、前記演算手段の演算する前記セル電圧の標準偏差がある所定値を上回らず、かつ当該所定値に追従するように、燃料ガス流量又は燃料ガス圧力を制御する制御手段とを備えたものである。

【0028】請求項6の発明の燃料電池の運転装置では、電圧モニターで燃料電池のセル電圧を監視し、演算手段によってセル電圧の標準偏差を継続的に演算し、制

御手段により、燃料電池のセル電圧のばらつきの指標となるセル電圧の標準偏差が一定の値以下になるように、燃料ガス流量又は燃料ガス圧力を制御しながら運転することにより、固体高分子電解質型燃料電池システムの効率を高め、かつ燃料電池が損傷を受けないで長期間継続して運転できるようにする。

[0029]

【発明の効果】請求項1～3の発明の燃料電池の運転方法によれば、燃料電池のセル電圧のばらつきの指標となる標準偏差を監視し、セル電圧のばらつきが一定の値以下になるように、負荷から取出す電流、空気圧縮機からの空気流量又は空気圧力、あるいは、燃料ガス流量又は燃料ガス圧力を制御しながら運転するので、固体高分子電解質型燃料電池システムの効率を高め、かつ燃料電池が損傷を受けないで長期間継続して運転できる。

【0030】請求項4～6の発明の燃料電池の運転装置によれば、電圧モニターで燃料電池のセル電圧を監視し、演算手段によってセル電圧の標準偏差を継続的に演算し、制御手段により、燃料電池のセル電圧のばらつきの指標となるセル電圧の標準偏差が一定の値以下になるように、負荷から取出す電流、空気圧縮機からの空気流量又は空気圧力、あるいは、燃料ガス流量又は燃料ガス圧力を制御しながら運転することができ、固体高分子電解質型燃料電池システムの効率を高め、かつ燃料電池が損傷を受けないで長期間継続して運転できる。

〔0031〕

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。

【0032】図1は、本発明の1つの実施の形態の燃料電池の運転装置の構成を示している。固体高分子電解質型燃料電池の適数体を積層して構成されている燃料電池スタック1に対して、そのセル電圧を継続的に監視するセル電圧モニター2と、このセル電圧モニター2の検出するセル電圧に対する標準偏差を演算し、所定の比較値と比較して燃料電池スタック1の状態を判断するセル電圧標準偏差判断部3と、このセル電圧標準偏差判断部3の判断結果に基づき、負荷5の電流を制御する制御ユニット4が備えられている。

【0033】また、燃料電池スタック1に対して空気圧縮機6と燃料供給装置7が設けられていて、これらからそれぞれ、流量計8a, 8b、遮断弁9a, 9bを介して空気と燃料ガスを燃料電池スタック1に供給するよう配管されている。さらに、燃料電池スタック1に接続された排気用配管上には制御弁12a, 12bが設けられ、これから排燃料ガス、排空気の流量を制御しながらを排出するように構成されている。10a, 10bは圧力計、11は温度計である。

【0034】なお、この実施の形態では、制御ユニット4は、負荷電流の制御のみならず、遮断弁9a、9b、そして制御弁12a、12bを制御するようにしてあ

る。

【0035】次に、上記の構成の燃料電池の運転装置の動作について説明する。ここではまず、本発明の運転制御の原理を説明する。図2は固体高分子電解質型燃料電池スタックで得られた空気ストイキ値（＝空気供給量／空気消費量）と3セル電圧の標準偏差との関係を示したグラフである。供給ガス圧力1.5 kg/cm²、電流180 Aに対して、空気ストイキ値を下げていくと、3セル電圧はばらつき始め、その標準偏差は次第に増加するが、標準偏差値がある値Tctr以下であれば、燃料電池スタックは安全に、かつ安定して運転することができる。この標準偏差に対応する値Tctrを実験的に求め、この値を所定値とする。

【0036】供給ガス圧力及び電流値に対してこの標準偏差の値Tctrは変化するが、必要に応じて図2に示すグラフと同様のグラフを実験データに基づいて描き、標準偏差が急激に立ち上がる近傍の値を標準偏差の所定値Tctrとすることができます。

【0037】図3は比較的小さな空気ストイキ値（SR）1.4、水素ストイキ値（SR）1.2の場合と、大きな空気ストイキ値（SR）2.0と、水素ストイキ値（SR）1.2の場合における、3セル電圧のばらつきの様子を示している。

【0038】図3（b）に示すように、空気流量が大きな空気ストイキ値2.0の場合では、大きな電流（電流値が240 A）でもセル電圧のばらつきは小さく、またその標準偏差も小さいが、同図（a）に示すように、空気流量が小さな空気ストイキ値1.4で、かつ電流値が大きい場合には、セル電圧がばらつき、燃料電池スタックは不安定な運転状態となり、その状態での運転は燃料電池スタックの損傷につながる恐れがあり、好ましくない。

【0039】そこで、この図2及び図3に示したセル電圧の標準偏差の空気ストイキ値に対する特性から、次の制御が可能となる。

【0040】（1）負荷電流を小さくすれば標準偏差を抑えることができる。

【0041】（2）負荷電流が一定であれば、空気流量を大きくすることによって標準偏差を抑えることができる。

【0042】さらに、ここでは示されていないが、燃料ガス流量を大きくすることによって標準偏差を抑えることができる。

【0043】このような燃料電池の運転制御指針に基づき、本発明の燃料電池の運転方法及び運転装置は、次のようにして燃料電池スタックの運転を制御し、セル電圧のばらつきを抑制し、効率的で、かつ、燃料電池を損傷しない運転を実現するのである。

【0044】装置燃料電池スタック1はセル電圧モニター2によってそのセル電圧が監視され、このセル電圧モ

ニター2の出力するセル電圧信号はセル電圧標準偏差判断部3に与えられ、セル電圧標準偏差判断部3では、セル電圧信号からセル電圧標準偏差を継続的に演算し、その値を所定値Tctrと比較し、標準偏差が所定値を超えていないかどうかに基づき、燃料電池スタック1の動作状態を判断する。

【0045】一方、燃料電池スタック1には酸化剤として空気が、空気圧縮機6から流量計8a、遮断弁9aを経て供給され、スタック1で消費された後、その排空気が制御弁12aを経て大気へ開放される。また、燃料電池スタック1には、燃料として水素あるいは改質ガスが燃料ガスとして燃料供給装置7から流量計8b、遮断弁9bを経て供給され、スタック1で消費された後、その排燃料ガスが制御弁12bを経て燃焼器（図示せず）に導入されて燃やされるか、あるいは大気へ開放される。

【0046】燃料電池スタック1に供給される空気流量と燃料ガス流量は流量計8a、8bで計測され、燃料電池スタック1に供給される空気圧力と燃料ガス圧力とは圧力計10a、10bで計測される。燃料電池スタック1から取り出される電流は、負荷5によって決められる。また、燃料電池スタック1への空気及び燃料ガスの供給は必要な場合、遮断弁9a、9bによって遮断される。

【0047】セル電圧モニター2の信号を受けて、セル電圧標準偏差判断部3は継続的にセル電圧標準偏差を演算し、それが所定値Tctrに対してある値以内まで近づいていないかどうか判断し、この判断結果を継続的に制御ユニット4に伝える。制御ユニット4は、セル電圧標準偏差が所定値に対してある値以内になるまで近づいた場合には、電流を減少させるように負荷5へ信号を送り、また所定値に対してある値以上離れば電流を増加させるように負荷5へ信号を送り、燃料電池スタック1をそのセル電圧が所定の標準偏差Tctr以下に収まるように制御しながら運転する。

【0048】なお、セル電圧モニター2の信号を受け、セル電圧標準偏差判断部3がセル電圧標準偏差を継続的に演算し、それが所定値Tctrに対してある値以内まで近づいた場合に、制御ユニット4から空気圧縮機6へ空気流量を増加させるように回転数増加指令を与え、又は圧力計10aが計測する空気供給圧力を一時的に高めるように制御弁12aの開度を小さくさせることにより、セル電圧のばらつきを抑えて所定の標準偏差以下となるように燃料電池スタック1の運転を制御することもできる（第2の実施の形態）。

【0049】さらにまた、セル電圧モニター2の信号を受け、セル電圧標準偏差判断部3がセル電圧標準偏差を継続的に演算し、それが所定値Tctrに対してある値以内まで近づいた場合に、制御ユニット4からの指令信号により、負荷5へ取出す電流を0とし、同時に遮断弁9a、9bを閉じ、空気及び燃料ガスの供給を停止するこ

とにより燃料電池の損傷を未然に防ぐこともできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1つの実施の形態の装置構成を示すブロック図。

【図2】燃料電池スタックの空気ストイキ値と3セル電圧の標準偏差との関係を示す特性グラフ。

【図3】燃料電池スタックのセル電圧の時間変動特性を示すグラフ。

【符号の説明】

1 燃料電池スタック

2 セル電圧モニター

3 セル電圧標準偏差判断部

4 制御ユニット

5 負荷

6 空気圧縮機

7 燃料供給装置

8a, 8b 流量計

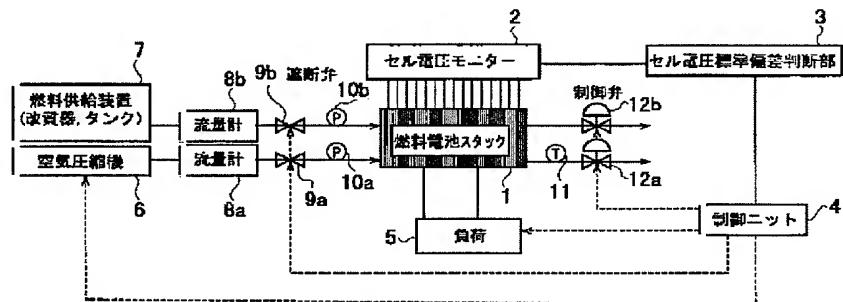
9a, 9b 遮断弁

10a, 10b 壓力計

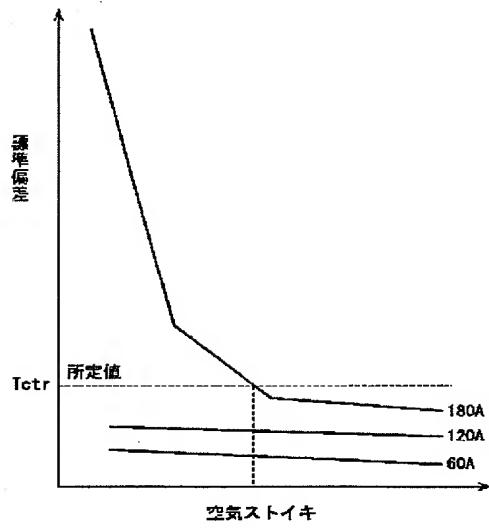
11 温度計

12a, 12b 制御弁

【図1】



【図2】



【図3】

